

# 「GPS気象学：GPS水蒸気情報システムの構築と気象学・測地学・水文学への応用に関する研究」 - GPS可降水量の評価に関する研究：海洋での観測 -

研究期間 9年度～11年度(3年計画)

研究機関 水路部 企画課海洋研究室、航法測地課

研究者 矢吹哲一朗、笹原昇

## ・研究目的

GPS気象学では、GPS大気遅延量測定データから、時間空間分解能の高い水蒸気の分布を精度よく推定し、これを気象学・測地学、あるいは環境、計測などの様々な関連分野に応用することを目標としている。

海上保安庁水路部では、この一環として、現在、陸上に多数展開され多くの成果が得られているGPS固定観測点について、その観測域を拡大し、データの空白域となっている海洋域での観測強化するため、無人島における連続GPS観測システムを設計・開発する。そのため、太陽電池および衛星通信を利用したメンテナンスフリーの無人島GPS連続観測システムを設計・構築する。そして、これを下記のように測地学的、気象学的に見て価値の高い九州西方海上にある、男女群島女島に設置して観測の可能性を実証し、また、得られたデータを解析することにより、測位結果の検討、GPS可降水量の評価を行うことを目的として研究を実施している。

男女群島は、九州西方五島列島の南西約100km付近に点在する(第1図)。周辺の千キロメートルスケールの地形を見れば、朝鮮半島の東岸から沖縄トラフの西側を経て台湾北部にいたる弧状をしたユーラシアプレートの東縁の端にある。もう少し小さいスケールで見ると、五島列島の西側から対馬海峡にいたる海域につらなる小さなくぼみ、福江海盆から対馬舟状海盆までのくぼみのすぐ隣の大陸側にある無人の孤島である。ユーラシアプレートは、インド亜大陸の北上に押されて東進し、一方、日本列島は、太平洋プレートやフィリピン海プレートの西進に押されているところ、この五島列島から対馬に至る地域が、プレート内部変

形が生じている地域となっている可能性がある。地球表面の大地形・小地形は、長期間にわたる地球表面のプレートの動きと浸食・堆積作用の結果生み出されたものと考えられるが、現在のダイナミックなプレートの動きや地殻変動を、GPS等を用いて観測で捉えることは大きな意義があると考えられる。



第1図 男女群島の位置

男女群島のすぐ東から始まる沖縄トラフは、現在、大陸地殻が割れつつある場所(リフト)と考えられ、実際、リフティングにともなう沖縄列島の地殻の動きが、国土地理院のGEONETの観測結果から明らかになっている(参考文献1)。このリフティングは南部ほど大きく、実際に沖縄トラフの最大水深も南部ほど深い。北部の男女群島付近では、リフティングは比較的活発でないと思われる。しかしながら、沖縄トラフの大陸

側には、広大な東シナ海の大陸棚を経た中国本土上の点を除いて、男女群島以外にGPS固定観測点は存在しない。

このようなことから、男女群島はテクトニクス的には、ユーラシアプレートの内部変形、および沖縄トラフのリフティング、の2点を考える上で非常に興味深い位置にある。

一方、地球の大気現象の観点から考えると、男女群島は、一般に西から東へと変化する日本の気象の初期位相をとらえ得る列島西端にあり、気象学的にも重要な場所といえる。また、一般に離島は、海上につき出た地形的に小規模な障害物であり、気流と地形との関連についてモデル化し、それらが、大気の擾乱とGPS観測結果との関わりを明らかにするのに適当な場所と考えられる。

## ．研究の内容

### 1．方法

無人GPS観測システムを設計し、男女群島女島に設置して平成10年9月から、観測を開始した。平成11年9月現在、1年間にわたり、順調な観測を実施している。

観測システムは、機能的な観点から、大きく分けて、観測機器部、電源部、通信部の3部に分けられる。無人島における観測の場合、通信部・電源部については、いずれも一般に用いられる有線の商用サービスを利用することができないため、独自のシステムが必要である。このため、太陽電池とNTTの通信衛星N-STARを利用したシステムを平成9年度に設計し、平成10年8月下旬から9月上旬にかけて、男女群島女島において、システムの設置作業を行った。その結果、平成10年9月6日00:00UTCより、毎日24時間30秒サンプリングデータを取得開始、水路部への送信を行うことができるようになった。現在までのところ、順調にデータの取得、送受信を続けている。

平成10年9月の観測開始以降、女島ステーションから、30秒毎のGPS搬送波位相観測データ、10分ごとの傾斜と気象データを取得している。観測データは、

N-STARを用いた公衆電話回線で1日に一回、水路部に伝送される。

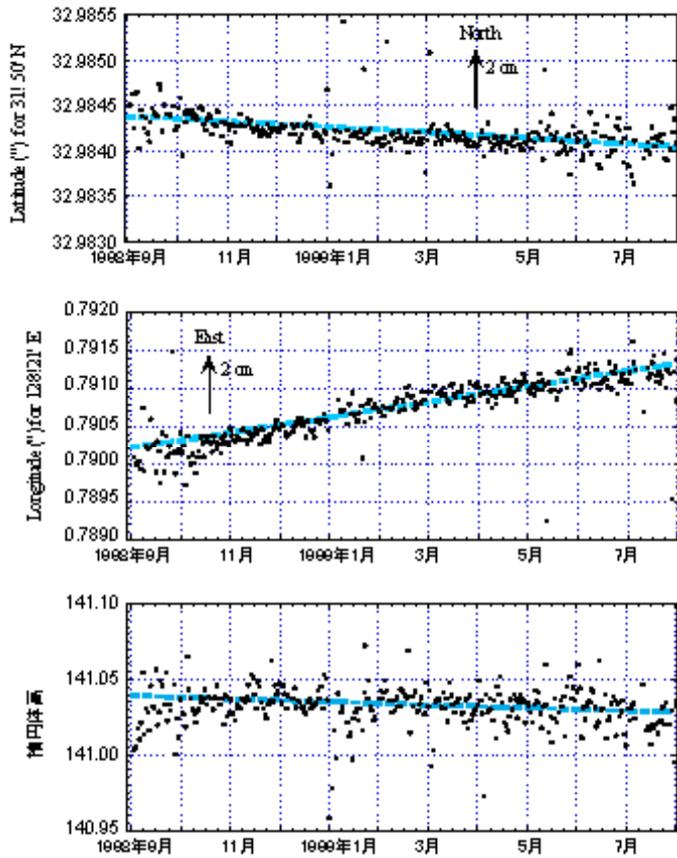
### 2．研究の成果

得られたデータを解析し、アンテナ位置の精密な変化を求めることができる。また、GPSシグナルが伝播する経路にある大気や水蒸気に関する情報を得ることができる。

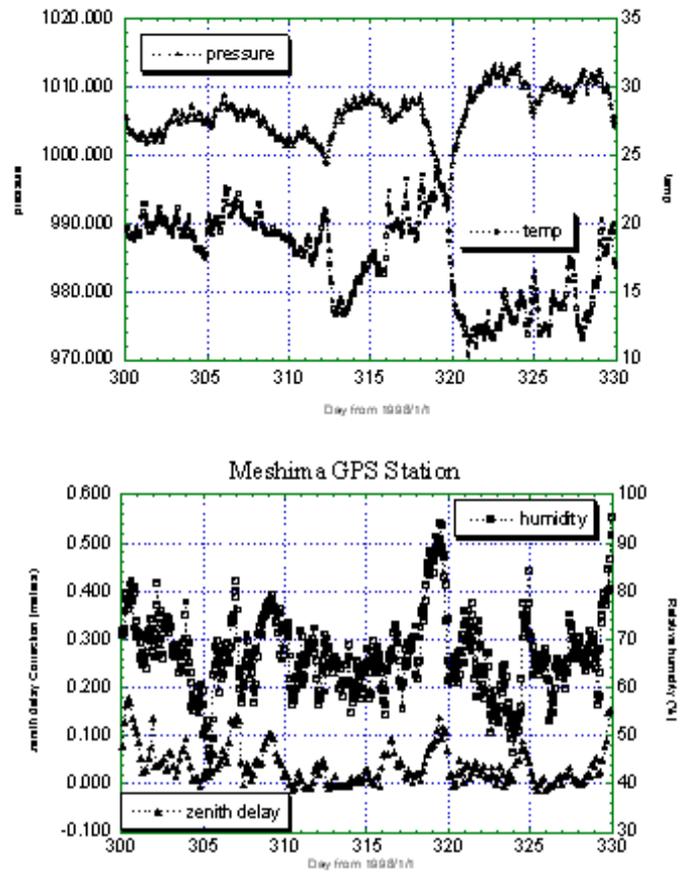
観測結果を、**図2**、**3**に示す。**図2**は、ベルン大学で開発されたソフトウェア Bernese で解析した結果得られた、観測点の位置の変動である。なお、この解析は、和歌山県下里のGPS観測点を基準点として固定して得たものである。同時に最少二乗法で求めた変化の傾向を示す直線もプロットとしてある。**図3**は、同時に得られた天頂遅延量(標準大気に対する補正量)の3時間毎の変動を、平成10年の10月27日からの30日間についてプロットしたもの、また、同じ場所の気象計測装置で得られた、気圧、気温、相対湿度の変動も同時にプロットした。

**第2図**から、女島が、東南東の方向に年間5cm近い速度で動いていることが分かる。これは、フィリピン海プレートの動きに引きずられて、基準点の下里の動き(ユーラシア大陸に対して北西に年間3cm程度で動いている)を考慮しても説明しきれず、女島はユーラシア大陸に対して、東の方向に動いていることが分かり、非常に興味深い。

**第3図**から、1998年の319日には、低気圧が通り、同時に急激に気温が下がっているが、低気圧の通る前には、湿度が増加したこと、同時に、天頂遅延量も10cm程度増加しているが、これは、主に水蒸気成分の増加の影響と推測される。このような結果を見ても、特に、大気現象が西から東に変化することが一般的なことから、九州西方の沖合にある男女群島の測定結果は重要度が高いと考えられる。



第2図 男女群島女島の和歌山県下里に対する相対的な位置の変化(1998年9月~1999年7月)。最小二乗法で求めた、近似直線も示してある。



第3図 男女群島女島で、1999年10月27日からの30日間GPS観測データからBerneseを用いて求められた天長遅延量推定値(3時間毎の値)。同時に同じ場所で得られた気温、気圧、水蒸気の変動も示してある。

## ・むすび

### 1．活用方策

本研究により得られるデータは、測地学、気象学的に貴重なデータとなる。また、本観測システムは、他の無人島における観測へ応用することが可能であり、気象学、地震予知、テクトニクス研究に貢献することが期待される。

また、平成12年に起きた有珠山の噴火に明らかになったように、地殻変動監視観測は火山防災にも大きく寄与できる。今後、離島などの火山監視に、本システムのように無人でメンテナンスの必要のないシステムが利用できれば、離島で人の近づけない場所での観測に大きく役に立つことが考えられ、対応策を考える必要がある。

### 2．今後の課題

本研究では、観測は軌道に乗って実施され、多くのデータが蓄積されつつある。今後、得られたデータを用いて可降水量を評価しGPS水蒸気情報システムに組み入れるとともに、人工衛星（TRMM）による大気中の水蒸気成分の観測結果との比較を行い、男女群島周辺の水蒸気の動態の研究と、GPS観測結果との間の関係を検討することなど、今後の課題が多い。

更に、測地学的な見地からも上記のように、男女群島は、非常に重要な位置にあると考えられる。そのため、少なくとも今後数年間、観測を継続して、精度の高い地殻変動の情報を得ることは、非常に重要と考えられる。

## 参考文献

- 1 国土地理院、GPS連続観測から求めた全国の水  
平地殻変動速度、地震予知連絡会会報、第63巻、  
2000年2月
- 2 平成9年度研究成果報告書 海上保安庁 平  
成10年10月
- 3 平成10年度研究成果報告書 海上保安庁 平  
成11年10月